

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 961 379**

51 Int. Cl.:

B01J 4/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2020** **PCT/EP2020/082122**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.05.2021** **WO21094575**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2020** **E 20803617 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2023** **EP 4058183**

54 Título: **Reactor de hidrólisis de hexafluoruro de uranio**

30 Prioridad:

15.11.2019 FR 1912785

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:

11.03.2024

73 Titular/es:

**FRAMATOME (100.0%)
1 place Jean Millier Tour Areva
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**MESONA, BRUNO y
PAILLOU, PATRICK**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 961 379 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Reactor de hidrólisis de hexafluoruro de uranio

5 **[0001]** La presente invención se refiere en general a los reactores de hidrólisis de hexafluoruro de uranio.

[0002] El documento WO 99/28236 desvela un ejemplo de reactor de hidrólisis de hexafluoruro de uranio conocido, que comprende:

- 10 - una cámara de hidrólisis, que comprende una pared que delimita un volumen interno;
- un inyector tubular que comprende un primer, segundo y tercer canales concéntricos de circulación de fluidos, montado a través de la pared de la cámara de hidrólisis.

15 **[0003]** El inyector tubular presenta un extremo interno situado en el volumen interno y un extremo externo situado fuera del volumen interno. El primer, segundo y tercer canales están conectados respectivamente a una fuente de hexafluoruro de uranio (UF_6), una fuente de gas neutro y una fuente de vapor de agua.

[0004] El inyector tubular es una pieza crítica para el funcionamiento del reactor de hidrólisis.

20 **[0005]** Estos inyectores tubulares deben sustituirse periódicamente. Se ha observado que los inyectores tubulares actuales pueden presentar defectos de calidad y no permitir un funcionamiento adecuado del reactor de hidrólisis.

25 **[0006]** Además, en una instalación con varios reactores de hidrólisis, se observó que era difícil utilizar un inyector tubular montado en un reactor de hidrólisis en otro reactor de hidrólisis.

[0007] En este contexto, la invención persigue proponer un reactor de hidrólisis cuyo inyector tubular no presente el defecto anterior.

30 **[0008]** Para este fin, la invención se refiere a un reactor de hidrólisis de hexafluoruro de uranio, que comprende:

- una cámara de hidrólisis, que comprende una pared que delimita un volumen interno;
- un inyector tubular que comprende el primer, segundo y tercer canales concéntricos de circulación de fluidos, con el inyector tubular montado a través de la pared de la cámara de hidrólisis y que presenta un extremo interno situado en el volumen interno y un extremo externo situado fuera del volumen interno;

en el que:

- 40 - el primer, segundo y tercer canales presentan en el extremo interno respectivamente la primera, segunda y tercera aberturas internas que desembocan en el volumen interno;
- el inyector tubular consta, en el extremo externo, de un primer, segundo y tercer racores conectados de forma fluida respectivamente al primer, segundo y tercer canales y diseñados para conectarse respectivamente con una fuente de UF_6 , una fuente de gas neutro y una fuente de vapor de agua; y
- 45 - el inyector tubular se obtiene por fabricación aditiva. El inyector tubular presenta secciones externas ovaladas en al menos una parte de su longitud.

[0009] El reactor puede presentar además una o varias de las características indicadas a continuación, consideradas individualmente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- 50 - el segundo canal se extiende alrededor del primer canal, y el tercer canal se extiende alrededor del segundo canal;
- el primer, segundo y tercer canales, en el extremo externo, se extienden según una dirección longitudinal, el primer racor se extiende longitudinalmente, y el segundo y tercer racores forman cada uno un ángulo comprendido entre 30° y 90° con la dirección longitudinal;
- 55 - el segundo y tercer racores están situados sustancialmente al mismo nivel en dirección longitudinal;
- el inyector tubular incluye un manguito de eje central longitudinal, dispuesto alrededor del extremo externo, con una brida de fijación del inyector tubular a la pared de la cámara de hidrólisis conectada al manguito;
- el inyector tubular presenta un primer y segundo tabiques tubulares internos que delimitan respectivamente el primer canal y el segundo canal, presentando dichos primer y segundo tabiques tubulares internos secciones ovaladas en al menos una parte de la longitud del inyector tubular;
- 60 - el inyector tubular presenta un primer tramo de extremo rectilíneo que define el extremo interno, un segundo tramo de extremo rectilíneo que define el extremo externo y un tramo intermedio arqueado que presenta dichas secciones externas ovaladas;
- el inyector tubular lleva una nervadura de refuerzo a lo largo del tramo intermedio arqueado.

65

[0010] Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la descripción detallada que se ofrece a continuación, a modo indicativo y en ningún caso limitativo, en referencia a las figuras anexas, entre las cuales:

- 5 - [Fig. 1] La Figura 1 es una vista lateral parcial de un ejemplo de reactor de hidrólisis según la invención;
- [Fig. 2] La Figura 2 es una vista superior del inyector tubular de la Figura 1;
- [Fig. 3] La figura 3 es una vista del extremo interno del inyector tubular de las figuras 1 y 2, tomada según la incidencia de la flecha III de la figura 1;
- [Fig. 4] La figura 4 es una vista en sección del extremo externo del inyector tubular, tomada según la incidencia de las flechas IV de la figura 5; y
- 10 - [Fig. 5] La Figura 5 es una vista en sección longitudinal del extremo externo del inyector tubular de la Figura 4.

[0011] La conversión directa en seco del UF_6 en óxido de uranio se utiliza industrialmente desde hace mucho tiempo. Los equipos industriales de aplicación comprenden en general, sucesivamente:

- 15 - un reactor provisto de medios de introducción de UF_6 y de vapor de agua, diseñado para generar la formación del UO_2F_2 por hidrólisis;
- un horno tubular giratorio de pirohidrólisis diseñado para transformar el UO_2F_2 en óxido de uranio, provisto de medios de calentamiento y de medios de introducción de vapor de agua y de hidrógeno a contracorriente; y
- 20 - de medios de acondicionamiento del polvo de óxido.

[0012] Las reacciones químicas implementadas son las siguientes:

- $UF_6 + 2H_2O \rightarrow UO_2F_2 + 4HF$ en el reactor;
- 25 - $UO_2F_2 + H_2O \rightarrow UO_3 + 2HF$;
- $UO_3 + H_2 \rightarrow UO_2 + H_2O$ en el horno.

[0013] El reactor 1 representado de manera parcial en la figura 1 está diseñado para implementar la primera etapa, es decir, la hidrólisis del hexafluoruro de uranio UF_6 en UO_2F_2 .

[0014] Este reactor 1 comprende una cámara de hidrólisis 3, con una pared 5 que delimita un volumen interno 7.

[0015] El reactor de hidrólisis 1 todavía incluye un inyector tubular 9, que comprende el primer, segundo y tercer canales concéntricos de circulación de fluido (véanse las figuras 2 a 5). Como se ve en la figura 1, el inyector tubular 9 está montado a través de la pared 5 de la cámara de hidrólisis 3 y presenta un extremo interno 17 situado en el volumen interno 7, y un extremo externo 19 situado fuera del volumen interno 7.

[0016] El primer, segundo y tercer canales 11, 13, 15 presentan en sus extremos internos respectivamente la primera, segunda y tercera aberturas internas 21, 23, 25 (figura 3) que desembocan en el volumen interno 7.

[0017] El inyector tubular 9 consta, en su extremo externo 19, del primer, segundo y tercer racores 27, 29, 31 (ver figuras 2 y 5) conectados de forma fluida al primer, segundo y tercer canales 11, 13, 15, respectivamente.

[0018] El primer, segundo y tercer racores 27, 29, 31 están diseñados para conectarse respectivamente con una fuente 33 de UF_6 , una fuente de gas neutro 35 y una fuente de vapor de agua 37.

[0019] Estas fuentes 33, 35, 37 se representan simbólicamente en la figura 2.

[0020] En el ejemplo representado, el primer, segundo y tercer racores 27, 29, 31 están conectados a las fuentes 33, 35, 37 mediante tubos de racores numerados 39, 41, 43, respectivamente. Estos tubos están soldados respectivamente a los racores 27, 29, 31 y fijados por una unión con bridas a las fuentes 33, 35, 37.

[0021] El reactor 1 normalmente está contenido en una carcasa de calentamiento no representada, fabricada en un material térmicamente aislante. En el interior de esta carcasa se colocan resistencias de calentamiento no representadas.

[0022] El UF_6 se inyecta en la cámara de hidrólisis 3 en forma gaseosa.

[0023] Después de la reacción de hidrólisis, se transforma en UO_2F_2 , que se presenta en forma de partículas finas. Estas partículas se recogen por gravedad en el fondo de la cámara de hidrólisis 3, y se transfieren al horno tubular donde tiene lugar la transformación del UO_2F_2 en óxido de uranio.

[0024] Por ejemplo, esta transferencia se realiza con ayuda de un tornillo.

[0025] Como se ve en las figuras 2 a 5, el segundo canal 13 se extiende alrededor del primer canal 11, y el tercer canal 15 se extiende alrededor del segundo canal 13.

[0026] Dicho de otro modo, los canales están dispuestos de tal manera que el primer canal se extiende al centro del inyector tubular, el tercer canal hacia el exterior del inyector tubular, y el segundo canal se interpone entre el primer canal y el tercer canal.

[0027] Para ello, el inyector tubular presenta un primer y segundo tabiques tubulares internos 45, 47, que delimitan respectivamente el primer canal 11 y el segundo canal 13. Una pared externa 49 define la superficie exterior del inyector tubular. El primer tabique interno separa el primer canal 11 del segundo canal 13. El segundo tabique interno 47 separa el segundo canal 13 del tercer canal 15. La pared externa 49 cierra el tercer canal radialmente hacia el exterior.

[0028] Se colocan espaciadores, no representados, en el segundo canal 13 y en el tercer canal 15, para mantener una separación constante entre el primer tabique interno 45 y el segundo tabique interno 47, y entre el segundo tabique interno 47 y la pared externa 49.

[0029] Esto permite conservar una sección de paso constante a lo largo del segundo y tercer canales 13, 15.

[0030] Según la invención, el inyector tubular 9 se obtiene por fabricación aditiva. Este proceso de fabricación también se conoce como impresión 3D.

[0031] El inyector tubular normalmente está fabricado en metal, por ejemplo, inconel, o cualquier otro material adecuado.

[0032] El inyector tubular 9 se realiza preferentemente en su totalidad mediante fabricación aditiva.

[0033] En particular, el primer y segundo tabiques internos 45, 47, la pared externa 49, y el primer, segundo y tercer racores 27, 29, 31 se obtienen por fabricación aditiva.

[0034] Dicho modo de fabricación permite garantizar una excelente calidad de fabricación.

[0035] Esto permite obtener una excelente concentricidad y, por lo tanto, una sección de paso extremadamente uniforme a lo largo de los canales 11, 13 y 15.

[0036] Debido a la ausencia de soldadura entre las piezas que delimitan los canales, las pérdidas de carga durante la circulación de los gases a lo largo de los canales son extremadamente reducidas. Esto favorece un mejor rendimiento del reactor de hidrólisis.

[0037] Debido a la realización del inyector tubular por fabricación aditiva, es posible obtener una excelente concentricidad del primer, segundo y tercer canales. Por lo tanto, no es necesario implantar un gran número de separadores entre las paredes internas 45, 47 y entre la pared interna 47 y el extremo externo 19. Esto también contribuye a disminuir las pérdidas de carga, y a obtener características de funcionamiento que sean reproducibles. Con los inyectores tubulares del estado de la técnica, que estaban mecanizados y no se obtenían por fabricación aditiva, las pérdidas de carga impuestas a los gases que circulaban a lo largo de los canales variaban de un inyector tubular a otro.

[0038] Esto explicaba en parte que un inyector tubular adaptado a un reactor de hidrólisis dado no pudiera ser reutilizado en otro reactor de hidrólisis diferente.

[0039] Por lo tanto, las características de funcionamiento del inyector tubular, incluidas las pérdidas de carga, son mucho más reproducibles. Por ello, un inyector tubular empleado en un reactor de hidrólisis determinado puede reutilizarse mucho más fácilmente en otro reactor de hidrólisis.

[0040] Como se ve en particular en la figura 5, el primer, segundo y tercer canales 11, 13, 15 en el extremo externo 19 del inyector tubular, se extienden longitudinalmente.

[0041] El primer racor 27 también se extiende longitudinalmente a lo largo del extremo externo 19.

[0042] El segundo y tercer racores 29, 31 forman cada uno un ángulo comprendido entre 30° y 90° con la dirección longitudinal.

[0043] En el ejemplo representado, el segundo y tercer racores 29, 31 forman un ángulo de 45° con la dirección longitudinal.

[0044] Este ángulo normalmente se toma entre el eje central del conducto interno del racor y la dirección longitudinal.

[0045] El primer, segundo y tercer racores 29, 31 están dispuestos sustancialmente en un mismo plano, como se puede ver comparando las figuras 1 y 2.

[0046] Ventajosamente, el segundo racor 29 y el tercer racor 31 están situados sustancialmente al mismo nivel en dirección longitudinal.

[0047] El segundo y tercer racores 29, 31 sobresalen lateralmente con respecto a la pared externa 49 del inyector tubular. Se sitúan a ambos lados del primer racor 27.

[0048] Cada uno del segundo y tercer racor 29, 31 tiene forma de tubo en el que una parte del extremo externo 51 sobresale de la pared externa 49.

[0049] El segundo racor 29 presenta una parte de extremo interno 53 que atraviesa el tercer canal 15 y que viene a desembocar en el segundo canal 13 a través del segundo tabique tubular 47.

[0050] La parte de extremo interno 53 es solidaria con el segundo tabique interno 47.

[0051] El tercer racor 31 presenta una parte de extremo 55 que es solidaria con la pared externa 49. El conducto interno del tercer racor se comunica con el tercer canal 15 a través del tabique externo 49.

[0052] El segundo racor 29 y tercer racor 31 están situados sustancialmente al mismo nivel longitudinal, en el sentido de que las partes extremas 53 y 55 del segundo y tercer racores están situadas longitudinalmente a un nivel sustancialmente igual.

[0053] Dicho de otro modo, los orificios previstos respectivamente en el segundo tabique 47 y en la pared externa 49, y que comunican los canales internos de los racores 29 y 31 con el segundo canal 13 y el tercer canal 15, están situados longitudinalmente a un nivel sustancialmente igual.

[0054] Esto es especialmente ventajoso, ya que el diseño del extremo externo 19 del inyector tubular es especialmente compacto longitudinalmente. En el estado de la técnica, los racores están escalonados longitudinalmente entre sí, debido a la construcción mecanosoldada del inyector tubular.

[0055] Tener un diseño más compacto longitudinalmente facilita la fabricación del inyector tubular por fabricación aditiva. No es necesario disponer de una herramienta de fabricación de tamaño muy grande, y es suficiente un tamaño más modesto, lo que permite ahorrar en costes.

[0056] El inyector tubular 9 incluye además un manguito 57 de eje central longitudinal, dispuesto alrededor del extremo externo 19.

[0057] El manguito 57 presenta una forma general cilíndrica, de sección circular. Un cono 59 prolonga el manguito 57 longitudinalmente hacia el primer racor 27. El cono 59 es solidario con uno de los bordes de contorno cerrado del manguito 57. También es solidario con la pared externa 49 y con el segundo y tercer racores 29, 31. El cono 59 permite solidarizar el manguito 57 con el extremo externo 19.

[0058] El manguito 57 y el cono 59 forman parte del inyector tubular y también se obtienen por fabricación aditiva.

[0059] Como puede verse en las figuras 1 y 2, una brida 61 de fijación del inyector tubular 9 a la pared 5 de la cámara de hidrólisis está conectada al manguito 57.

[0060] La brida 61 se adapta al exterior del manguito 57, alrededor de este. Por lo tanto, tiene un orificio central en el que se engancha la brida 61 que se fija al manguito 57 por cualquier medio, por ejemplo, mediante inyección. La brida 61 está fijada rígidamente a la pared 5 por todos los medios adecuados, por ejemplo, tornillos.

[0061] Ventajosamente, el inyector tubular presenta secciones externas ovaladas en al menos una parte de su longitud.

[0062] Normalmente, estas secciones ovaladas son de forma elíptica.

[0063] Como se ve en la figura 1, el inyector tubular presenta un primer tramo de extremo 63 rectilíneo, que define el extremo interno 17.

[0064] El inyector tubular 9 también presenta un segundo tramo de extremo 65 rectilíneo, que define el extremo externo 19.

[0065] Entre el primer y segundo tramos de extremo, el inyector tubular 9 presenta un tramo intermedio 67 arqueado.

[0066] Por ejemplo, los tramos 63 y 65 son perpendiculares entre sí.

[0067] Al menos el tramo intermedio arqueado presenta secciones externas ovaladas. En el ejemplo representado, el segundo tramo de extremo 65 presenta también secciones externas ovaladas.

[0068] Por otro lado, el primer tramo de extremo 63 tiene una porción terminal 69 de sección circular, que define el extremo interno 17, y el primer tramo de extremo 63 también comprende un tramo de racor 71, que conecta el tramo intermedio 67 con la porción terminal 69. A lo largo del tramo de racor 71, la sección externa pasa progresivamente de una forma ovalada a una forma circular. A lo largo de las partes del inyector tubular que tienen una sección externa ovalada, el primer y segundo tabiques tubulares internos 45, 47 también tienen secciones ovaladas.

[0069] La sección externa ovalada del inyector tubular está definida por la pared externa.

[0070] Debe observarse que las secciones ovaladas respectivas del primer y segundo tabiques tubulares internos 45, 47 y de la pared externa 49 son paralelas entre sí. Dicho de otro modo, son concéntricas. Esto significa que el centro geométrico de los óvalos formados por los tabiques 45 y 47 y la pared externa 49 están en el mismo punto.

[0071] Proporcionar secciones externas ovaladas facilita la fabricación aditiva.

[0072] De hecho, el inyector tubular se fabrica según la orientación ilustrada en la figura 4, con el eje mayor del óvalo orientado según la dirección vertical.

[0073] Al realizar la parte superior de la sección, se reduce el riesgo de colapso en comparación con el riesgo de colapso si la sección es circular.

[0074] Debe observarse que el inyector tubular lleva una nervadura de refuerzo 73 a lo largo del tramo intermedio arqueado. Esto permite reforzar la rigidez del inyector tubular. Como se ve en la figura 1, en el interior del reactor de hidrólisis, el primer tramo de extremo es de orientación vertical. El extremo interno apunta hacia abajo. El segundo tramo de extremo es de orientación sustancialmente horizontal.

REIVINDICACIONES

1. Reactor (1) de hidrólisis de hexafluoruro de uranio, que comprende:

- 5 - una cámara de hidrólisis (3), que comprende una pared (5) que delimita un volumen interno (7);
- un inyector tubular (9) que comprende un primer (11), un segundo (13) y un tercer (15) canales concéntricos de circulación de fluidos, con el inyector tubular (9) que está montado a través de la pared (5) de la cámara de hidrólisis (3) y que presenta un extremo interno (17) situado en el volumen interno (7) y un extremo externo (19) situado fuera del volumen interno (7);

10

en el que:

- el primer (11), segundo (13) y tercer (15) canales presentan en el extremo interno (17) respectivamente, la primera (21), segunda (23) y tercera (25) aberturas internas que desembocan en el volumen interno (7);
- 15 - el inyector tubular (9) consta, en el extremo externo (19), de un primer (27), segundo (29) y tercer (31) racores conectados de forma fluida respectivamente al primer (11), segundo (13) y tercer (15) canales y diseñados para conectarse respectivamente con una fuente de UF_6 , una fuente de gas neutro y una fuente de vapor de agua; y
- el inyector tubular (9) se obtiene por fabricación aditiva, con el inyector tubular (9) que presenta secciones externas ovaladas en al menos una parte de su longitud.

20

2. Reactor (1) según la reivindicación 1, en el que el segundo canal (13) se extiende alrededor del primer canal (11), y el tercer canal (15) se extiende alrededor del segundo canal (13).

3. Reactor (1) según la reivindicación 1 o 2, en el que el primer (11), segundo (13) y tercer (15) canales, en el extremo externo (19), se extienden según una dirección longitudinal, el primer racor (27) se extiende longitudinalmente, y el segundo (29) y tercer (31) racores forman cada uno un ángulo comprendido entre 30° y 90° con la dirección longitudinal.

4. Reactor (1) según la reivindicación 3, en el que el segundo (29) y el tercer (31) racores están situados sustancialmente al mismo nivel en dirección longitudinal.

5. Reactor (1) según la reivindicación 3 o 4, en el que el inyector tubular (9) consta de un manguito (57) de eje central longitudinal, dispuesto alrededor del extremo externo (19), con una brida (61) de fijación del inyector tubular (9) a la pared (5) de la cámara de hidrólisis (3) conectada al manguito (57).

35

6. Reactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el inyector tubular (9) presenta un primer (45) y segundo (47) tabiques tubulares internos que delimitan respectivamente el primer canal (11) y el segundo canal (13), presentando dichos primer (45) y segundo (47) tabiques tubulares internos secciones ovaladas en al menos una parte de la longitud del inyector tubular (9).

40

7. Reactor (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el inyector tubular (9) presenta un primer tramo de extremo (63) rectilíneo que define el extremo interno (17), un segundo tramo de extremo (65) rectilíneo que define el extremo externo (19), y un tramo intermedio arqueado (67) que presenta dichas secciones externas ovaladas.

45

8. Reactor (1) según la reivindicación 7, en el que el inyector tubular (9) lleva una nervadura de refuerzo (73) a lo largo del tramo intermedio arqueado (67).

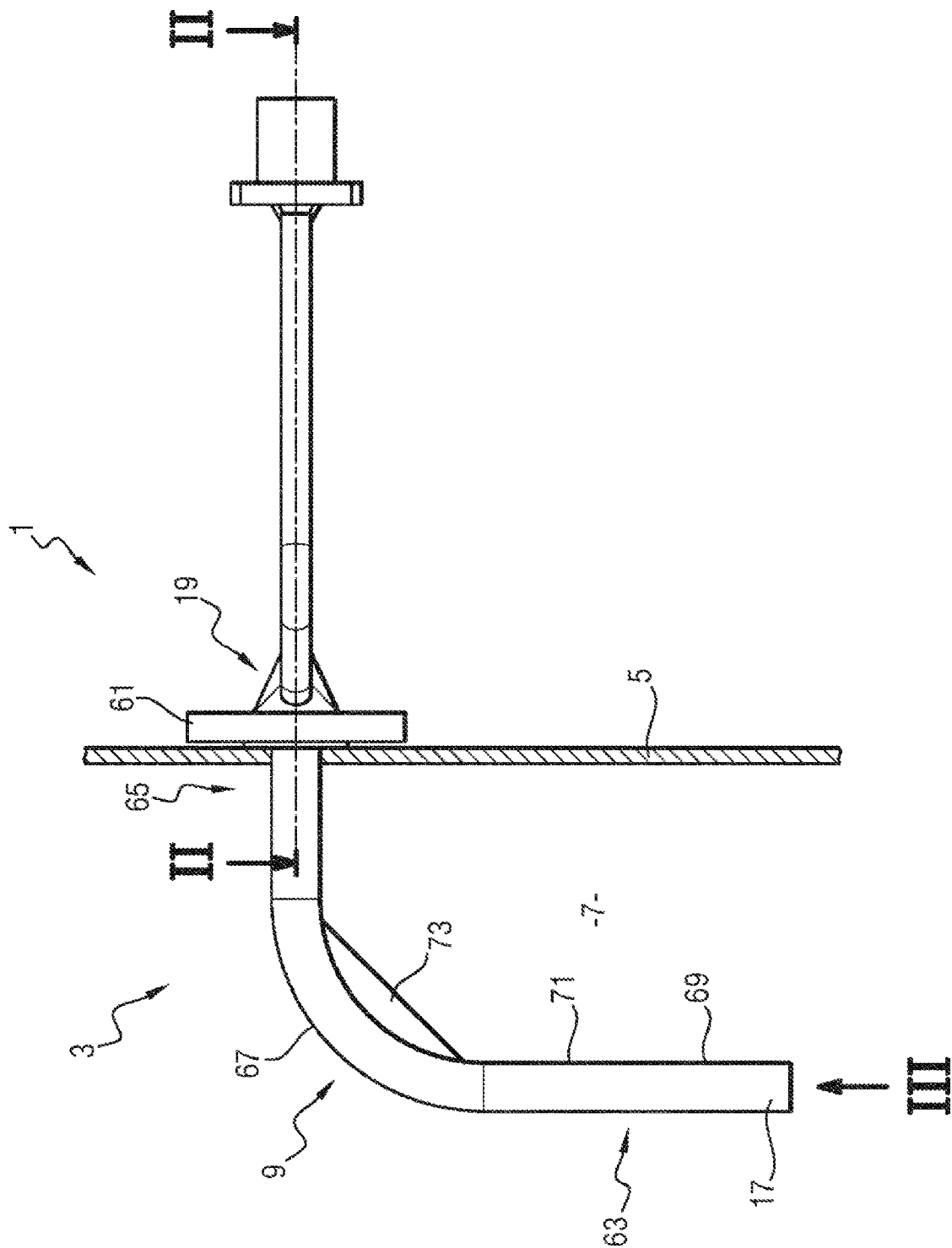


FIG. 1

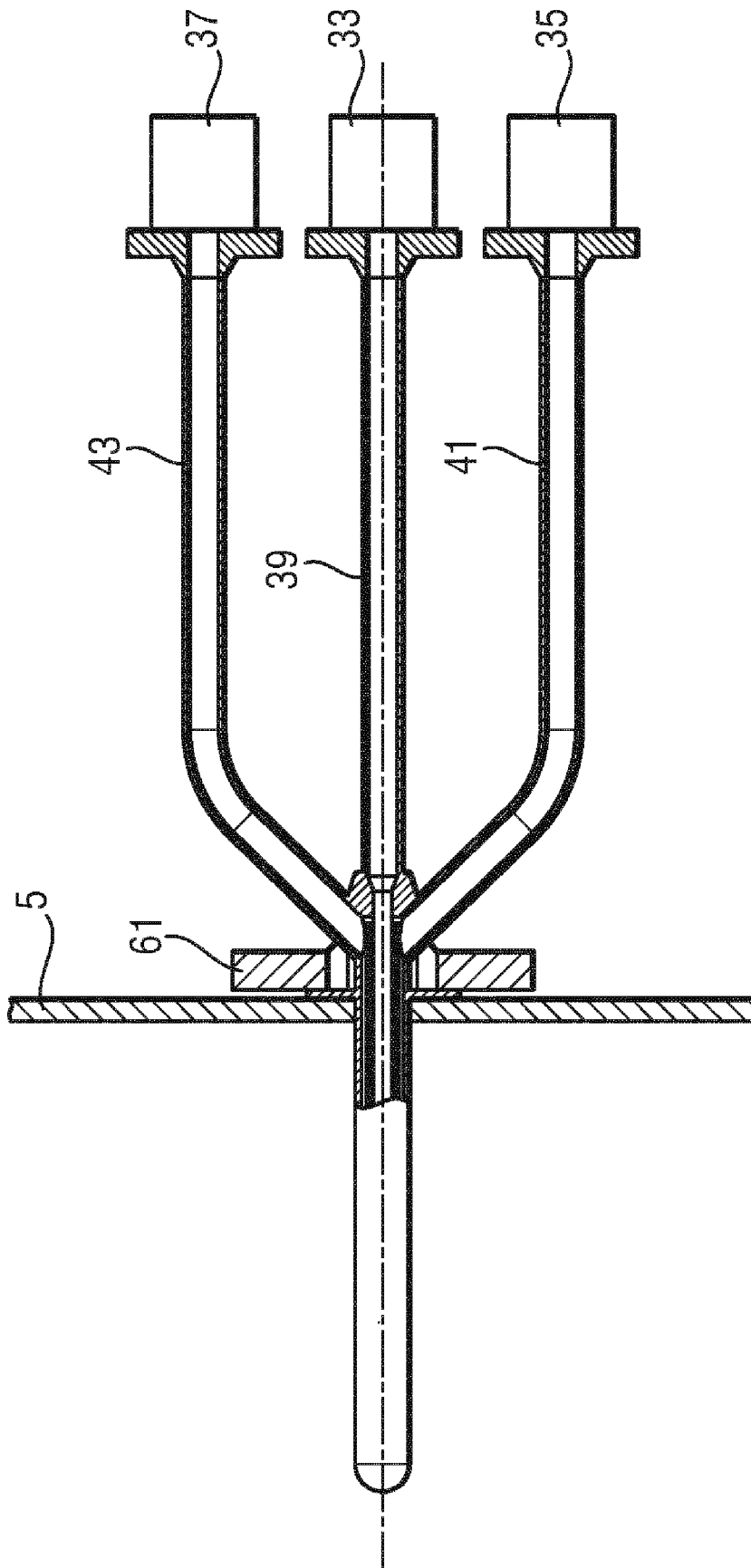


FIG. 2

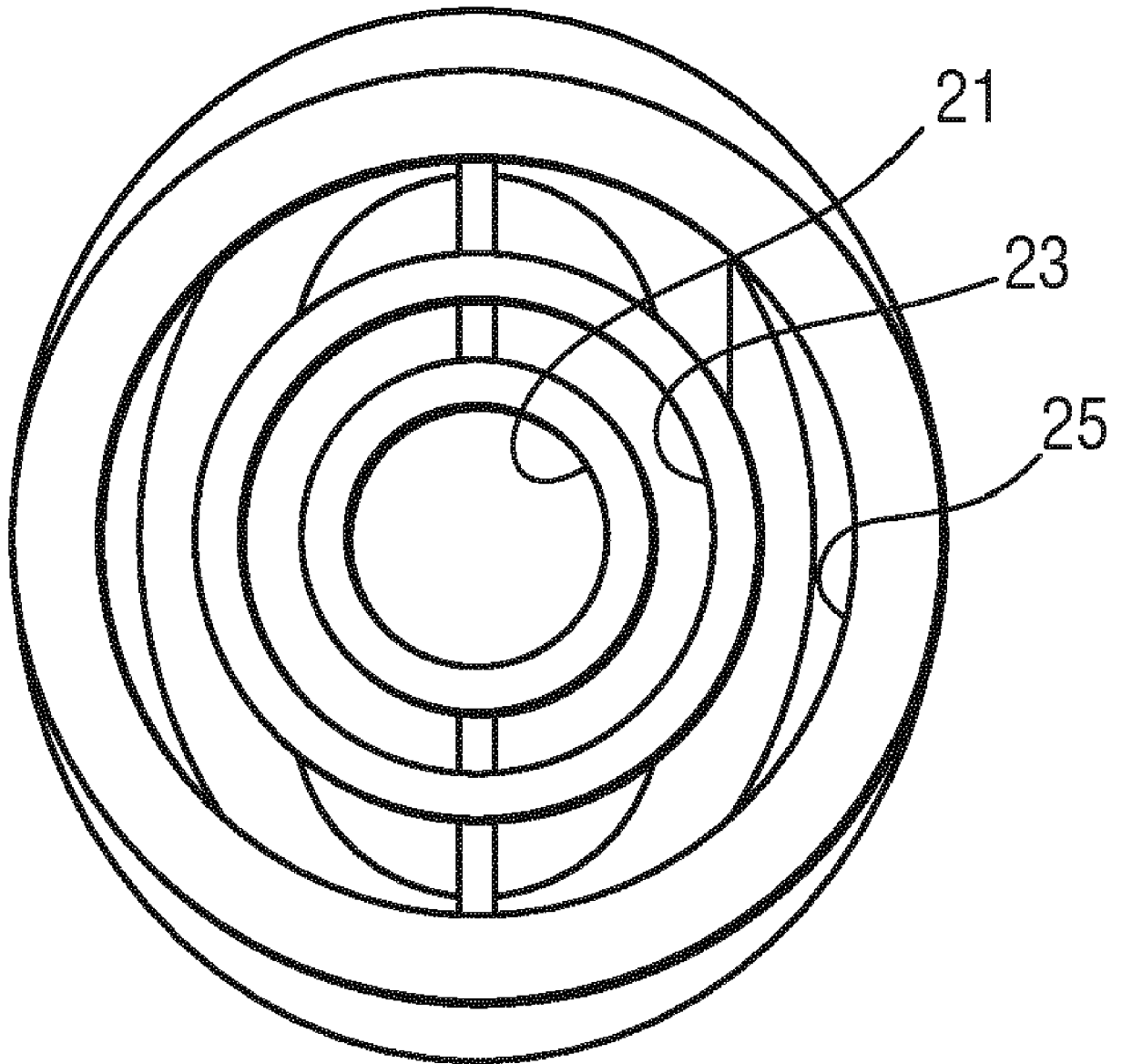


FIG. 3

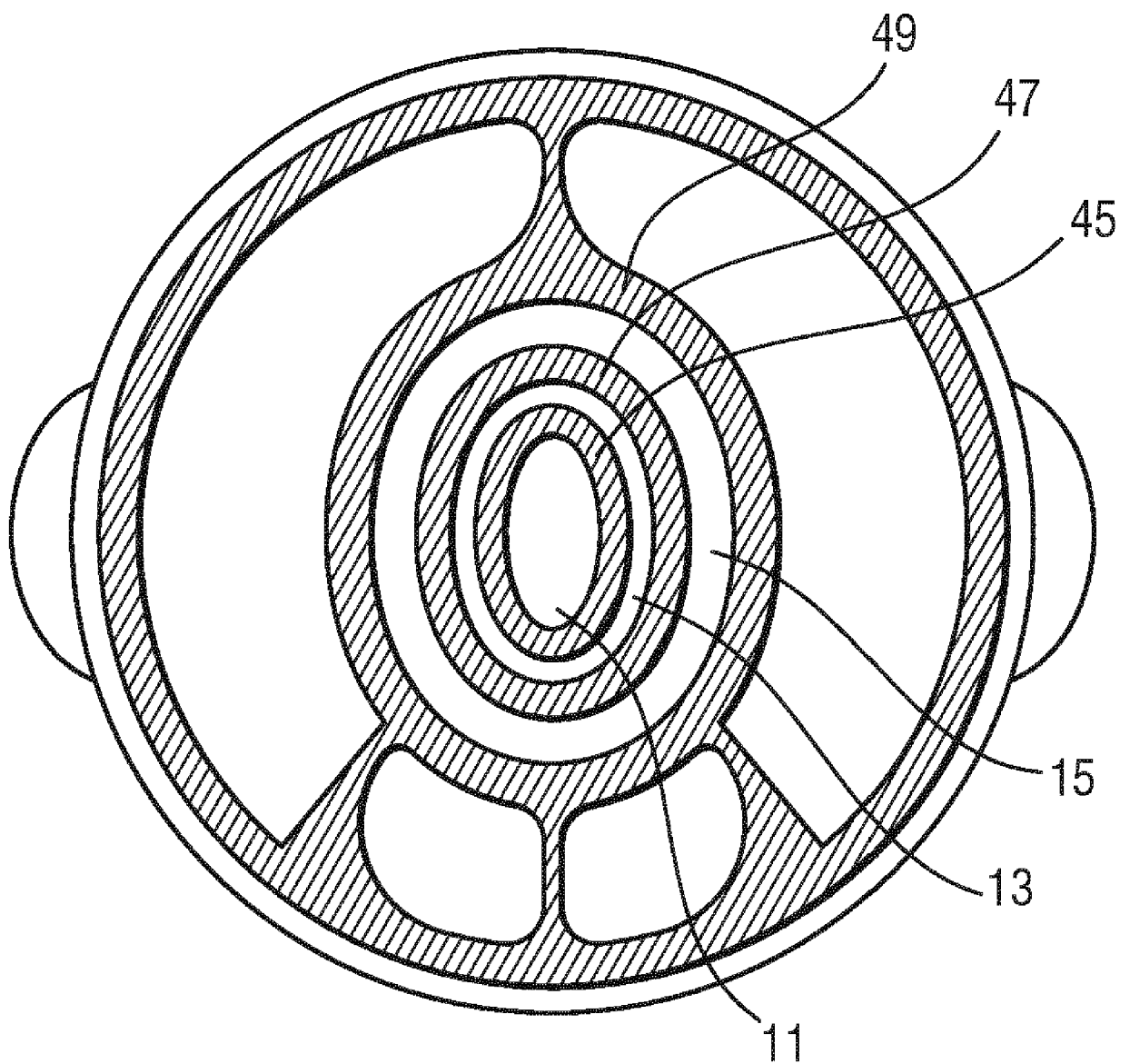


FIG.4

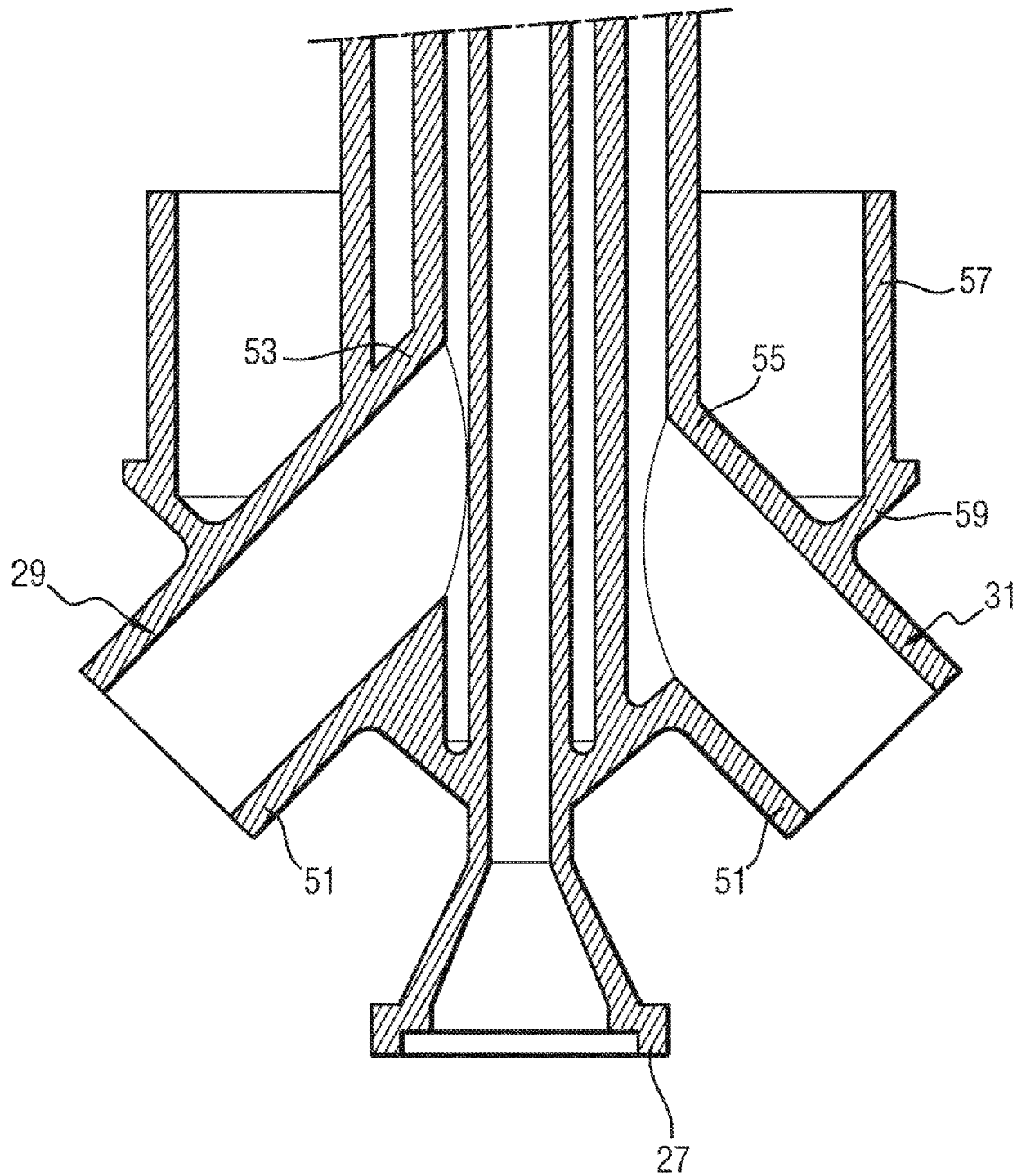


FIG.5